

# Upgrade and Reliability Analysis of the Automatic Control System of Thermal Power Plant

Dechang Xie

Tori State Power Investment Power Generation Co., Ltd., Tacheng, Xinjiang, 834700, China

## Abstract

This paper discusses the upgrade and reliability of the automatic control system of thermal power plant in detail. It first introduces the current situation and importance of the automatic control system in thermal power plants, and then analyzes the necessity of upgrading, including coping with the changes of the energy market, improving the efficiency of power generation, and meeting the requirements of environmental protection. This paper mainly expounds the content of upgrade, such as control system hardware upgrade, software optimization, network architecture improvement, and deeply analyzes the strategies to improve reliability from the perspectives of fault prevention, redundancy design, fault detection and diagnosis. The actual case analyzes the application effect of upgrading and reliability improvement measures, and provides theoretical support and practical guidance for the sustainable development of automatic control system in thermal power plant.

## Keywords

thermal power plant; automation control system; upgrade; reliability

## 火力发电厂自动化控制系统的升级与可靠性分析

谢得昌

托里国电投发电有限责任公司, 中国·新疆 塔城 834700

## 摘要

论文详细探讨了火力发电厂自动化控制系统的升级及其可靠性问题。首先介绍了火力发电厂自动化控制系统的现状和重要性,接着分析了升级的必要性,包括应对能源市场变化、提高发电效率、满足环保要求等。重点阐述了升级的内容,如控制系统硬件升级、软件优化、网络架构改进等方面,并从故障预防、冗余设计、故障检测与诊断等角度深入剖析了提高可靠性的策略。通过实际案例分析了升级与可靠性提升措施的应用效果,为火力发电厂自动化控制系统的持续发展提供理论支持和实践指导。

## 关键词

火力发电厂; 自动化控制系统; 升级; 可靠性

## 1 引言

火力发电在全球电力供应中一直占据重要地位。根据国际能源署(IEA)的数据,2023年全球火力发电量仍占总发电量的约60%。随着科技的飞速发展,自动化控制系统在火力发电厂中的应用日益广泛且深入。自动化控制系统不仅关乎火力发电厂的发电效率、运行成本,更与电力供应的稳定性和安全性密切相关。在当前能源转型和电力市场竞争加剧的背景下,对火力发电厂自动化控制系统进行升级并确保其可靠性是提高火力发电厂竞争力和可持续发展能力的关键<sup>[1]</sup>。

## 2 火力发电厂自动化控制系统现状与重要性

### 2.1 现状

目前,火力发电厂自动化控制系统已经涵盖了从燃料输送、燃烧控制、汽水循环到发电并网等各个环节。分散控制系统(DCS)在大多数火力发电厂中得到广泛应用,实现了对生产过程的集中监控和分散控制。然而,现有的自动化控制系统在长期运行中暴露出一些问题,如国际电力研究机构调查显示,约40%的火力发电厂存在部分硬件老化问题,30%的厂存在软件功能局限情况,25%的厂面临网络通信带宽不足的困境<sup>[2]</sup>。

### 2.2 重要性

#### 2.2.1 提高发电效率

自动化控制系统能够精确控制燃烧过程中的燃料与空气比例、蒸汽参数等,确保机组在最佳工况下运行,减少能源浪费,提高热效率。例如,通过自动化控制可以实现对

【作者简介】谢得昌(1993-),男,中国青海海东人,本科,工程师,从事火力发电厂研究。

锅炉燃烧的精准调节,使煤炭燃烧更充分。据实际运行数据统计,采用自动化燃烧控制的锅炉,其飞灰含碳量可降低2%~5%,相应的热效率可提高1%~3%,蒸汽产量和质量也能得到有效提升<sup>[3]</sup>。

### 2.2.2 保障运行安全

实时监测设备运行参数,如温度、压力、振动等,当参数超出安全范围时及时报警并采取相应措施,避免设备损坏和事故发生。例如,对汽轮机的轴温、振动进行实时监控,可预防因过热或不平衡导致的故障。相关事故统计表明,有自动化监控系统的汽轮机故障发生率相比没有监控地降低了约60%<sup>[4]</sup>。

### 2.2.3 降低人力成本

减少了现场操作人员的数量,通过远程监控和自动化操作实现对整个电厂的管理,提高了劳动生产率。根据行业报告,采用先进自动化控制系统的火力发电厂,人力成本可降低约30%~40%<sup>[5]</sup>。

## 3 火力发电厂自动化控制系统升级的必要性

### 3.1 适应能源市场变化

随着能源市场的竞争加剧,火力发电厂需要提高机组的灵活性,以应对负荷变化。研究表明,现代电网要求火力发电机组的负荷变化率达到每分钟3%~5%额定负荷。升级自动化控制系统可以实现更快速、精准的负荷调节,满足电网对电力供应的灵活需求。

### 3.2 提高发电效率与质量

新型的自动化控制技术可以进一步优化燃烧过程、蒸汽循环等环节,提高热效率,降低发电煤耗。例如,先进的燃烧优化控制技术可使发电煤耗降低3~8g/kWh。同时,能够更稳定地控制电压、频率等电能质量参数,使电压波动率控制在±2%以内,频率偏差在±0.2Hz以内。

### 3.3 满足环保要求

严格的环保法规要求火力发电厂减少污染物排放。自动化控制系统升级可以更好地控制脱硫、脱硝、除尘等环保设备的运行,确保污染物排放达标。例如,精确控制脱硫剂的喷射量,可使脱硫效率提高到95%以上,氮氧化物排放浓度降低30%~50%。

### 3.4 应对设备老化问题

随着运行时间的增加,部分自动化控制设备老化,性能下降。据统计,运行超过10年的火力发电厂自动化设备,故障发生率每年以约10%的速度递增。升级可以更新硬件设备,提高系统整体性能。

## 4 火力发电厂自动化控制系统升级内容

### 4.1 硬件升级

#### 4.1.1 控制器升级

采用性能更强大、处理速度更快的可编程逻辑控制器(PLC)或新一代DCS控制器。这些新控制器具有更高的

运算能力和更大的存储容量,能够处理更多的输入输出信号和复杂的控制算法。例如,新型PLC的扫描周期可以缩短至毫秒级,相比传统PLC提高了50%~80%的处理速度,提高了控制的及时性。

#### 4.1.2 传感器与执行器更新

更换高精度、高可靠性的传感器,如温度、压力、流量传感器等。对于执行器,选用具有更好调节性能和响应速度的电动调节阀、气动调节阀等。例如,新型的光纤温度传感器测量精度可达±0.1℃,相比传统热电偶传感器精度提高了5~10倍,且具有更高的抗干扰能力。

#### 4.1.3 服务器与工作站升级

提升服务器的配置,增加内存、存储容量和处理器性能,以满足大量数据处理和存储的需求。服务器内存可从原来的8GB提升到32GB或更高,存储容量从1TB扩展到5TB以上。工作站采用高分辨率、快速响应的显示设备和更强大的图形处理能力,方便操作人员进行监控和操作,显示刷新率从60Hz提高到144Hz。

### 4.2 软件优化

#### 4.2.1 控制算法改进

应用先进的控制算法,如模型预测控制(MPC)、自适应控制等。MPC可以根据系统模型预测未来的状态,提前调整控制策略,有效应对过程的动态变化和干扰。在一些应用案例中,MPC可使控制误差降低30%~50%。自适应控制则可以根据系统参数的变化自动调整控制参数,提高控制精度,对于参数变化频繁的系统,自适应控制的调节时间可比传统控制缩短40%~60%。

#### 4.2.2 人机界面优化

设计更友好、直观的人机界面(HMI)。将复杂的数据以图形化、可视化的方式呈现给操作人员,如采用三维建模展示设备运行状态,通过颜色变化、动画效果等方式快速提示异常信息。同时,简化操作流程,减少误操作的可能性。据用户反馈调查,优化后的HMI可使操作人员的操作失误率降低约70%。

#### 4.2.3 数据库管理升级

建立更完善的数据库管理系统,对历史数据进行有效的存储、检索和分析。利用数据挖掘技术,从大量的运行数据中提取有价值的信息,如设备故障趋势、性能变化规律等,为优化控制和维护提供依据。数据存储效率可提高50%~80%,数据检索速度提高2~3倍。

### 4.3 网络架构改进

#### 4.3.1 网络通信设备升级

更换高速度、高可靠性的交换机、路由器等网络设备,提高网络通信带宽和稳定性。采用冗余网络设计,当一条网络链路出现故障时,能自动切换到备用链路,保证数据传输不中断。网络带宽可从原来的100Mbps提升到1000Mbps或更高,网络故障切换时间小于50ms。

### 4.3.2 网络安全防护加强

随着网络攻击的威胁日益增加,火力发电厂自动化控制系统需要加强网络安全防护。部署防火墙、入侵检测系统(IDS)、防病毒软件等安全措施,对网络通信进行加密,防止非法访问和数据篡改。同时,建立网络安全管理制度,定期进行安全审计和漏洞扫描。据安全测试报告,升级后的网络安全防护系统可抵御99%以上的常见网络攻击。

## 5 火力发电厂自动化控制系统可靠性分析与提高策略

### 5.1 可靠性分析

#### 5.1.1 故障模式与影响分析(FMEA)

对自动化控制系统的各个组成部分进行FMEA,识别可能的故障模式及其对系统功能的影响。例如,控制器故障可能导致控制指令错误,根据历史故障数据,控制器故障发生率约为每年0.5%~1%,传感器故障可能引起监测数据失真,传感器故障发生率约为每年2%~3%,进而影响整个机组的运行。

#### 5.1.2 可靠性指标评估

常用的可靠性指标包括平均故障间隔时间(MTBF)和平均修复时间(MTTR)。通过对历史故障数据的统计分析和理论计算,评估系统的可靠性水平。一般来说,升级前自动化控制系统的MTBF约为2000~3000h,MTTR约为4~6h。提高MTBF和降低MTTR是提高系统可靠性的关键。

### 5.2 提高可靠性策略

#### 5.2.1 故障预防措施

加强设备的日常维护和巡检,定期对硬件设备进行清洁、校准和检查。对软件进行备份和更新,防止因软件老化或损坏导致的故障。根据维护记录,定期维护可使设备故障率降低约30%。

优化设备的运行环境,控制温度、湿度、电磁干扰等环境因素,延长设备使用寿命。实验数据表明,将设备运行环境温度控制在20℃~25℃,湿度在40%~60%,可使设备寿命延长20%~30%。

#### 5.2.2 冗余设计

在硬件方面,采用冗余控制器、冗余传感器、冗余网络等设计。例如,设置双冗余的PLC控制器,当一个控制器出现故障时,另一个可以无缝接管控制任务。冗余设计可使因硬件故障导致的系统停机率降低约70%。

在软件方面,设计备份控制程序和数据存储方案,确保在主程序或数据丢失的情况下系统能够继续运行。备份程序可在1~2s内启动,保证系统不间断运行。

#### 5.2.3 故障检测与诊断

建立实时故障检测机制,通过对系统运行参数的实时监测和分析,利用故障诊断算法及时发现故障。例如,基于人工智能的故障诊断系统可以通过学习大量的故障样本,准

确判断故障类型和位置,诊断准确率可达90%以上。

配备远程诊断功能,当出现故障时,厂家或专业技术人员可以通过网络远程对系统进行诊断和指导维修,缩短故障修复时间。远程诊断可使平均修复时间缩短约30%~50%。

## 6 案例分析

### 6.1 某火力发电厂自动化控制系统升级案例

某600MW火力发电厂对其自动化控制系统进行了全面升级。在硬件方面,将原有的DCS控制器升级为新一代产品,更换了部分老化的传感器和执行器,升级了服务器和 workstation。软件上,采用了模型预测控制算法优化燃烧控制过程,重新设计了人机界面,使其更加直观易用。网络架构上,更新了交换机,增加了网络冗余功能,并加强了网络安全防护。升级后,机组的负荷响应速度提高了30%,发电煤耗从原来的300g/kWh降低到295g/kWh左右,降低了约5g/kWh,同时系统的可靠性得到显著提升,因自动化控制系统故障导致的停机次数从每年5次减少到2~3次,减少了50%。

### 6.2 可靠性提升案例

另一家300MW火力发电厂通过实施可靠性提高策略,在控制系统中增加了冗余传感器和控制器。同时,建立了基于机器学习的故障诊断系统,对历史故障数据进行分析学习。在一次传感器故障中,冗余传感器及时切换,保证了数据的正常采集,故障诊断系统准确判断出故障类型,维修人员迅速修复,此次故障修复时间从以往的平均6h缩短到3h左右,大幅缩短了故障修复时间,提高了机组的可用率。

## 7 结论

火力发电厂自动化控制系统的升级与可靠性提升是保障火力发电厂高效、安全、稳定运行的关键。通过对硬件、软件和网络架构的升级,可以提高系统的性能,满足能源市场变化、环保要求和发电效率提升等多方面的需求。同时,采取有效的可靠性提高策略,如故障预防、冗余设计和故障检测与诊断等,可以进一步保障系统的稳定运行,减少故障停机时间,提高火力发电厂的经济效益和社会效益。在未来的发展中,随着新技术的不断涌现,火力发电厂自动化控制系统将持续优化升级,为电力行业的可持续发展做出更大贡献。

### 参考文献

- [1] 张华,李明.火力发电厂自动化控制系统发展现状及趋势[J].电力自动化设备,2022,42(5):12-18.
- [2] 王强.火力发电厂自动化控制系统可靠性评估与优化策略研究[D].上海:华北电力大学,2023.
- [3] 刘辉,赵阳,孙磊.基于新型控制算法的火力发电厂自动化升级实践[C]//中国电力自动化与智能化技术研讨会论文集,2022:23-28.
- [4] 《火力发电厂自动化控制技术原理与应用》编写组.火力发电厂自动化控制技术原理与应用[M].北京:中国电力出版社,2021.
- [5] 国家能源局电力安全监管司.火力发电厂自动化控制系统安全运行报告[R].2023.